Beobachtungen über physiologische Veränderungen der Stimme und des Gehörs bei Änderung des Luftdruckes.

Aus den Untersuchungen über »Luftdruckerkrankungen«

Drs. **Richard Heller, Wilhelm Mager, Hermann v. Schrötter.**

(Mit 1 Textfigur.)

Die folgenden Beobachtungen sind eingehenden Untersuchungen über die physiologische und pathologische Wirkung der Veränderungen des barometrischen Druckes auf den Organismus entnommen, welche wir im Anschluss an das Studium der nach rascher Druckverminderung auftretenden Erkrankungen (Erkrankungen der Caissonarbeiter[1]) angestellt haben.

Die Veränderungen der Sprache und solche rücksichtlich des Gehörorganes unter diesen Bedingungen einer gesonderten Besprechung zu unterziehen geschah in der Absicht, die Aufmerksamkeit auf diese bisher in der Physiologie nur wenig beachteten Erscheinungen zu lenken.

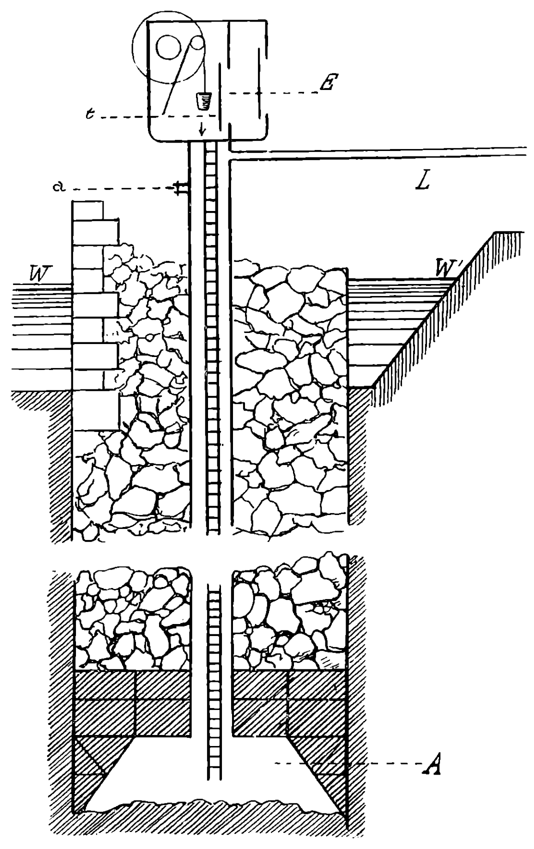
Dass diesem Gegenstande nur untergeordnete Beachtung geschenkt wurde, hat seinen Grund gewiss darin, dass der ärztliche Beobachter nur selten in die Lage kommt, diesbezügliche Erfahrungen, insbesondere bei bedeutender Zunahme des Luftdruckes, zu sammeln.

Anlässlich des Baues eines pneumatisch fundirten Schleusenwerkes in der Nähe von Wien hatten wir in den daselbst verwendeten Caissons Gelegenheit, unsere Beobachtungen zu machen.

---

[1] »Vorläufige Mittheilung über die Erkrankung der Caissonarbeiter«, von den Autoren, Wr. Klinische Wochenschrift, Nr. 26, 1895.

Da wir im Laufe der folgenden Mittheilungen häufig Ausdrücke werden gebrauchen müssen, die mit der Construction der Caissons zusammenhängen und sich auf technische Manipulationen beziehen, so wollen wir das Folgende hierüber zum besseren Verständniss vorausschicken.



Schematische Darstellung einer pneumatischen Pfeilerfundirung.
WW Wasserstandslinie, *L* Luftzuleitungsrohr.

Der Caisson besteht (siehe beistehende schematische Figur) im grossen Ganzen aus drei Hauptbestandtheilen: dem Arbeitsraum *(A)*, dem Steigschachte *(S)* und der Vorkammer (Ein-, respective Ausschleuskammer) *(E)*. Aus dem Arbeitsraum, sowie dem Steigschachte wird das Wasser mittelst comprimirter Luft ausgepresst, so dass mit dem stetigen Sinken des Caissons, das durch Ausgraben des Bodens im Arbeitsraume bewirkt wird, der Atmosphärendruck im Steigschachte und in dem Arbeitsraume in proportionalem

Verhältnisse der Tiefe steigt. Um den Eintritt in die comprimirte Luft zu ermöglichen, ist die Einsteigkammer E angebracht. Die Arbeiter gehen in die Kammer, die Thür nach aussen wird geschlossen und ein Ventil, das diese Kammer mit dem Steigschachte verbindet, geöffnet. Mit dem Momente des Öffnens strömt die comprimirte Luft so lange in die Einsteigkammer, bis der Druck in derselben dem Druck im Steigschachte gleichkommt. Die Thüre *(t)* wird geöffnet und die Arbeiter können einsteigen. Dies ist der Vorgang beim Einschleusen (Compression); umgekehrt ist derselbe, wenn sich die Arbeiter aus der comprimirten Luft in den normalen Atmosphärendruck begeben, was man als Ausschleusen (Decompression) bezeichnet.

Viele unserer persönlichen Erfahrungen wurden überdies in einem Apparate gewonnen, der ähnlich einem pneumatischen Cabinet construirt war, in welchem jedoch Untersuchungen bei ebenso hohem Druck gemacht werden konnten wie im Caisson. Der höchste Überdruck, in dem wir verweilten, war 2·6 Atmosphären (Gesammtluftdruck 3·6 Atmosphären).[1]

I. Stimme und Sprache.

Die Veränderung, welche die Stimme und Sprache des Menschen erfährt, ist eine derjenigen Erscheinungen, die sich sehr bald beim Ansteigen des Luftdruckes bemerkbar macht. Die Stimme wird in ihrer Klangfarbe geändert, sie erhält einen näselnden, vorwiegend metallischen Beiklang.

Diese Veränderung tritt um so mehr hervor, je höher der Druck ist, so dass sie bei circa 2·5 Atmosphären einen geradezu silberhellen Metallklang erhält; man hat dabei das Gefühl, als ob der ganze Schädel oder wenigstens bestimmte Theile desselben beim Sprechen mitschwingen würden. Im Allgemeinen kann man sagen, dass die Stimme meist erst bei 0·5 Atmosphären auffallend verändert klingt; und zwar erscheint sie nicht bloss einem zweiten Beobachter deutlich alterirt, sondern man empfindet selbst diese Veränderung, die man ohne weitere Prüfung häufig auch geneigt wäre einer Störung der Perceptionsfähigkeit des Gehörorganes zuzuschreiben.

Die Gefühle, die beim Sprechen von den Einzelnen angegeben werden, sind verschieden. Die Einen haben geradezu

---

[1] Wenn im Folgenden kurz von 0·5, 1·0, 1·5 u.s.w. Atmosphären Druck die Rede ist, so ist damit stets Überdruck gemeint, d. h. 1 Atmosphäre = 2 Atmosphären Gesammtluftdruck.

das Gefühl eines vermehrten Widerstandes im Nasopharyngealraum beim Intoniren; manche sagen, sie hätten die Empfindung, als ob eine teigige weiche Masse in Nase, Rachen und Ohren sich befinden würde, oder ein Gefühl, wie wenn die Choanen verlegt wären.

Die Sprache ist dann subjectiv und objectiv bedeutend geändert, und in allen ihren Qualitäten durchaus unähnlich derjenigen unter gewöhnlichem Luftdruck. Beim leisen Sprechen und beim Flüstern jedoch beobachtet man keine Veränderung. Es muss aber des Ferneren noch bemerkt werden, dass auch bei einer und derselben Person unter der gleichen Luftdruckerhöhung die Änderungen in den Sprachqualitäten zu verschiedenen Zeiten verschieden stark ausgeprägt sind. Das einemal ist die Sprache unter gleichem Druck auch für einen zweiten Beobachter kaum merklich geändert, ein anderesmal tritt diese Veränderung deutlich hervor, so dass dieselbe in jenem Falle dann erst bei weiterem Ansteigen des Luftdruckes beobachtet wird.[1, 2]

Bei Individuen mit tieferer Stimmlage scheinen in comprimirter Luft Veränderungen der Sprache viel weniger ausgeprägt zu sein, als bei solchen mit hohem Organ.

Die Phonation geschieht in comprimirter Luft mit entschieden fühlbar vermehrter Anstrengung, sie ist erschwert und ermüdend. Die Articulation zum Zwecke der Sprache scheint einigen Beobachtern schwieriger. Manche Personen geben geradezu an, dass sie, um eine gegenseitige Verständigung zu ermöglichen, subjectiv denselben Kraftaufwand aufbringen müssten, wie wenn sie unter normalem Luftdruck schreien wollten. Das Schreien selbst, sowie der Versuch zu singen, ist mit entsprechend grösserer Anstrengung verbunden.[3]

---

[1] Der *ü*-Laut (v. Helmholtz) scheint am wenigsten verändert zu klingen.

Ob es bei sehr rascher Compression, wie wir sie bei unseren Versuchsthieren zu bewerkstelligen im Stande waren, nicht auch zu vorübergehendem momentanen Glottisverschluss kommen kann, sind wir nicht in der Lage anzugeben.

[3] Hiezu sei bemerkt, dass das Husten bei einem Überdruck von 2·5 Atmosphären möglich ist und Niessen auf die entsprechenden Reize erfolgt, und hinzugefügt, dass uns das Anblasen einer Trompete bei 1·5 Atmosphären gelungen ist.

Bei anderen wiederum macht sich aber eine vermehrte Anstrengung viel weniger geltend, wenn sie auch zugeben, dass sie ein »gewisses stärkeres Innervationsgefühl« beim Sprechen wahrnehmen. Wir kennen Arbeiter, es sind dies einige Italiener, sowie ein Deutscher, welche selbst bei höherem Drucke, über 2·0 Atmosphären, noch anstandslos zu singen vermögen und ihre Arbeit unter Singen ausführen.

So von der Individualität, wie es scheint, auch von der Angewöhnung abhängig, gelingt es vielen Leuten nur mit sehr bedeutender Anstrengung oder gar nicht, bei höherem Drucke zu pfeifen.[1] Manche sind bereits bei einem Druck von 1·2 Atmosphären ausser Stande, dies zu thun. Wir selbst und viele unserer Arbeiter verlieren das Vermögen zu pfeifen bei einem Drucke von 1·5—1·8 Atmosphären, doch fanden auch wir solche, welche noch bei 2·5 Atmosphären, wenn auch nur mit stärkerer Anstrengung, pfeifen konnten.

Auch die Beobachter im pneumatischen Cabinet geben Veränderungen der Sprache und Stimme an; insbesondere wird auch auf ein Höherwerden der Stimme in comprimirter Luft aufmerksam gemacht.

Wir konnten nie recht den Eindruck gewinnen, dass die Stimme im Caisson eine Veränderung ihrer Tonhöhe erleide; auch bei 2·6 Atmosphären schien sie in dieser Beziehung keine Alteration zu erfahren. Wohl aber ist die Veränderung der Klangfarbe eine sehr auffallende Erscheinung, für deren Zustandekommen gewiss auch geänderte Resonanzverhältnisse im Cavum pharyngo-nasale in Betracht gezogen werden müssen.

Von vorneherein war es ja berechtigt, anzunehmen, dass grössere Dichte des umgebenden Mediums auch die Schwingungszahlen eines Tones (im Sinne einer Verminderung der Zahlen) ändern könnte, wodurch Veränderungen der Tonhöhe zu Stande kämen, von denen es allerdings noch fraglich war, ob dieselben auch percipirt werden könnten.

Von Seiten der Physiker hat dieser Gegenstand bisher nur geringe Beachtung gefunden; es liegt uns hierüber bloss eine Untersuchung, und zwar von Tuma vor, der auf Grund genauer

---

[1] Vergl. hiezu: Unmöglichkeit des Pfeifens bei Luftverdünnung, S. 13.

Versuche zu dem Resultate gelangt, dass die Tonhöhe einer Stimmgabel durch Änderung des Luftdruckes beeinflusst wird.[1]

Tuma konnte feststellen, dass innerhalb der Grenzen von 0—760 *mm* diese Veränderung in linearer Weise vor sich geht und dass die Schwingungszahl der Stimmgabel im luftleeren Raume grösser ist als im lufterfüllten bei einer Atmosphäre. Die Abnahme der Schwingungszahl ist jedoch eine so geringe, dass dieselbe vom menschlichen Gehörorgan gewiss nicht wahrgenommen werden wird. Wie sich die Verhältnisse bei bedeutend erhöhtem Luftdruck verhalten, ob die wahrscheinlich ebenfalls in linearer Weise erfolgende Abnahme der Schwingungszahlen dann solche Werthe erlangt, dass auch das Ohr ein deutliches Tieferwerden der Töne empfindet, darüber lässt sich bis jetzt nichts angeben.[2] Unter den barometrischen Drücken, unter welchen wir unsere Beobachtungen gesammelt haben, konnte, wie schon gesagt, eine deutlich merkbare Veränderung der absoluten Tonhöhe nicht wahrgenommen werden. Wohl aber sind Veränderungen in der Klangfarbe eines Tones in dem abgeschlossenen, meist mit Wasserdampf gesättigten, von eisernen Wänden umschlossenen Luftraum deutlich erkennbar, und dies dürfte wohl der Grund sein, dass es den Anschein hat, als ob sich der Ton rücksichtlich seiner Höhe geändert hätte, während er in Wahrheit nur heller oder dumpfer klingt als in normalem Atmosphärendrucke. Das Hellerwerden der Stimme, wie wir es angegeben haben, wird vielfach als Höherwerden bezeichnet worden sein.

Auch directe diesbezügliche Versuche lehrten uns, dass eine merkliche Veränderung der Tonhöhe durch Compression

---

[1] Diesbezügliche weitere Versuche, insbesondere vergleichende Beobachtungen über das Verhalten von Pfeifen und Stimmgabeln in comprimirter Luft, auf die uns V. v. Lang aufmerksam gemacht hat, konnten aus äusseren Gründen bisher nicht vorgenommen werden.

[2] Erwähnenswerth erscheint uns diesbezüglich hier noch ein einfaches Experiment, durch welches Tuma den Einfluss des Mittels auf die tönende Gabel beobachten konnte: »Man schlägt eine Stimmgabel an, nimmt den Stiel derselben zwischen die Zähne und taucht, indem man die Gabel in dieser Weise hält, die Enden der Zinken in Wasser. Man hört dann den Ton plötzlich tiefer werden.«

der umgebenden Luft nicht verursacht wird. Wir bedienten uns hiezu zweier exact gestimmter A-Pfeifchen, die in der Weise verglichen wurden, dass eines derselben von einem Beobachter unter dem herrschenden Barometerdruck, das andere von einem Beobachter in der Recompressionsschleuse bei verschieden hoch (bis 2·5 Atmosphären Überdruck) gesteigertem Drucke zu wiederholtenmalen angeblasen wurde und die Schalleindrücke, da man den Ton durch die Wand des Apparates ganz gut hören konnte, von ihnen, sowie von einer dritten Person controlirt wurden.

Es ergab sich niemals eine Höhendifferenz der Töne; nur schien das von innen her tönende A dumpfer und hohler zu klingen, ebenso wie auch dem Beobachter in der Schleuse der von aussen in den Apparat dringende Ton nicht so hell und scharf zu klingen schien.

Rücksichtlich des Stimmumfanges kann es unter Druck gewiss zu Veränderungen kommen, doch wird man da im vorhinein nicht angeben können, ob derselbe an Höhe oder an Tiefe zunehmen wird, da sich ja über die Schwingungsfähigkeit der Stimmbänder in der comprimirten Luft eben nur das sagen lässt, dass es einer stärkeren Innervationskraft, eines verstärkten Exspirationsdruckes bedürfen wird, um sie überhaupt in Vibration zu setzen, und ausserdem diesbezügliche Untersuchungen, wenn überhaupt, wohl nur schwer ausführbar wären. Wir wollen noch hinzufügen, dass auch die Erzeugung der Falsettstimme unter Druck ganz gut möglich ist und dass es scheint, dass das Singen hoher Töne leichter und mit weniger subjectiver Kraftleistung verbunden ist als die Erzeugung tiefer Töne in comprimirter Luft. Diesbezüglich ist eine Mittheilung von v. Vivenot gewiss von Interesse. Er erzählt von einer Sängerin, deren Stimme im pneumatischen Cabinete um einen halben Ton höher wurde, indem sie leicht Cis sang, während sie bei normalem Luftdruck nur schwer das C ansingen konnte.

Dass die Töne unter erhöhtem Luftdruck eine Veränderung rücksichtlich ihrer Intensität erfahren, haben wir nicht beobachtet; nach Triger soll jedoch der Ton einer Violine in der comprimirten Luft abgenommen haben.

Eine andere Frage ist die, ob man unter Druck die Töne ebenso hört wie bei gewöhnlichem Barometerstand, ob gleichbleibende Töne in Pressluft nicht anders percipirt werden als gewöhnlich. Wir müssen diese Frage nach unserer Erfahrung dahin beantworten, dass dies bei Ohren, die während der Compression nicht gelitten haben, wo es zu allmäliger Herstellung des Gleichgewichtes auf beiden Seiten des Trommelfelles gekommen war, nicht der Fall ist, und dass sich somit auf diese Weise Differenzen in der Beurtheilung der Tonveränderungen wohl kaum erklären lassen. Wir werden darüber noch gelegentlich der Mittheilung der physiologischen Verhältnisse des Gehörorganes bei Variation des Druckes zu sprechen haben.

Während der Decompression schwinden ganz allmälig die geschilderten Erscheinungen, so dass beim Heraustreten aus der Kammer keine Veränderungen mehr vorhanden sind.

Unsere Beobachtungen stimmen im Wesentlichen mit den Angaben der Autoren überein.

Die höchst merkwürdige Erscheinung der Unmöglichkeit des Pfeifens bei stärker erhöhtem Luftdrucke, für welche uns bis jetzt noch jegliche exacte Erklärung fehlt, hat zuerst Triger hervorgehoben, und nach ihm Foley darauf aufmerksam gemacht, dass die menschliche Stimme ein metallisches Timbre annimmt, und wie die Mehrzahl der Anderen nach ihm, dass die Stimme höher werde; ebenso betont auch er die Unmöglichkeit des Pfeifens bei stärkerer Druckzunahme, und dass diese Erscheinungen, wie auch wir dies feststellen konnten, nach dem Verlassen der comprimirten Luft wieder vollständig schwinden. Barella und Michel bezeichnen die Stimme als näselnd, mit hohlem, metallischem Beiklang; die Laute seien viel reiner und intensiver; die Intonation verlange mehr Anstrengung, was sich Barella durch den vermehrten Luftwiderstand und durch die geringere Schwingungsfähigkeit der Stimmbänder erklärt. Clark, Bauer und Green betonen die Erschwerung beim Sprechen und geben an, dass man laut schreien müsse, um sich verständlich zu machen. Smith, Loewy und Wendt heben wieder das Höherwerden der Stimme hervor, während Schidlofsky, der seine Erfahrungen an Tauchern gemacht hat, die häufig unter bedeutend höherem Druck (bis 5 Atmosphären) arbeiten, angibt,

dass die Stimme unter Druck tiefer werde, eine Beobachtung, die mit den theoretischen Erwartungen übereinstimmt.

Nach Foley und Layet soll eine Erweiterung der Nebenhöhlen der Nase und des Pharynx in comprimirter Luft eintreten und dieselbe auf die Veränderung des Stimmtimbres Einfluss haben. Es möge hier noch hinzugefügt werden, dass wir am Stimmorgan keine Veränderung nachweisen konnten, indem der Kehlkopfspiegel keinen geänderten Befund in der Sanitätsschleuse ergab.

Beim Übergang vom normalen zum verminderten Luftdruck nimmt, wie bekannt, die Intensität des Schalles ab. So fand Gay-Lussac in der verdünnten Luft einer Höhe von 7000 *m*, dass die Intensität seiner Stimme ungemein abgenommen hatte, eine Erscheinung, über die auch noch andere Luftschiffer berichten. Endlich sei noch die Beobachtung von P. Bert hervorgehoben, die er an sich selbst im pneumatischen Cabinet gemacht hat. Bei einer Luftverdünnung auf 500 *mm* Hg vermochte er nicht mehr zu pfeifen und erlangte dieses Vermögen erst wieder bei 590 *mm*. In der von uns im Ballon bisher verhältnissmässig rasch erreichten Höhe von allerdings nur 3000 *m* konnten wir keine Veränderung unserer Stimme beobachten.

II. Beobachtungen rücksichtlich des Gehörorganes.

Der Umstand, dass der steigende Luftdruck, wie er sich während des Einschleusens in einen Caisson, sowie beim Tauchen im Scaphanderapparate geltend macht, zumal, wenn man sich das erstemal unter Druck begibt, in der grössten Zahl der Fälle und bei nicht entsprechender Vorsicht geringere oder selbst schmerzhafte Beschwerden für das Gehörorgan mit sich bringt, hat wohl die meisten Autoren veranlasst, dieselben gleichsam als conditio sine qua non noch als in den Rahmen der physiologischen Erscheinungen gehörig aufzufassen, wofern sie nicht von Schädigungen für das Gehörorgan gefolgt waren. Derjenigen Fälle, wo es zu gar keinen Beschwerden kommt und von deren thatsächlichem Vorhandensein wir uns insbesondere in der Sanitätsschleuse bei ganz langsamer Compression zu wiederholtenmalen überzeugt haben, wird nur vorübergehend gedacht.

Wir müssen jedoch betonen, dass man sich unter günstigen Umständen unter Druck begeben und aus demselben in den normalen Luftdruck wieder zurückkehren kann, ohne dass sich irgendwelche deutlichere Sensationen im Ohre bemerkbar machen. Dies gilt sowohl für geringere, als auch für grössere Druckzunahmen, wobei wir über Erfahrungen bis zu nahezu 3 Atmosphären Überdruck verfügen. Die Bedingung hiefür ist nur, vollkommen durchgängige Tuben vorausgesetzt, dass die zeitliche Druckzunahme, respective -Abnahme eine ganz allmälige ist. Aber dieses »allmälig« ist für den Einzelnen sehr verschieden; während z. B. der eine im Verlaufe einer Compressionszeit von 15 Minuten auf 1·5 Atmosphären keinerlei unangenehme Sensationen empfindet, macht sich bei einem Anderen schon ein merkliches Druckgefühl stärker in dem einen Ohre als in dem anderen bemerkbar, ohne dass dasselbe irgendwie schmerzhaft zu sein braucht. Die individuellen Verschiedenheiten sind in dieser Beziehung grosse; eine gewisse untere Grenze lässt sich jedoch für das gesunde Ohr mit einiger Sicherheit angeben; es dürfte dies die Zeit von $1^1/_2$ Minuten für je $^1/_{10}$ Atmosphärendruck sein.

Dieser Mangel jedes deutlichen Reactionsgefühles von Seite der Ohren während der Compression, wie er rein physiologischen Verhältnissen entsprechen müsste, wie er die Folge des constanten, gleichzeitig erfolgenden Druckausgleiches zu beiden Seiten des Trommelfelles wäre, kommt jedoch nur ausnahmsweise vor und ist wohl nur in den seltensten Fällen realisirt. Wir werden gleich sehen, in welcher Weise sich in der Mehrzahl der Fälle die Compression auf das Ohr geltend macht und werden sehen, dass wir auch die Fälle von mässigen Beschwerden im Ohre, ja selbst diejenigen, bei welchen es zu einem geringen Gefühle von Schmerzhaftigkeit gekommen ist, als noch in den Rahmen des Physiologischen gehörig aufzufassen haben, wenn auch eine scharfe Grenze gegenüber bereits pathologischen Effecten der Druckerhöhung oder Druckabnahme zu ziehen nicht immer möglich ist.

Ein rascheres Ansteigen des Druckes macht beim Einen nur vorübergehende Schmerzempfindung, während beim Anderen bereits Läsionen mit ihren Folgen gesetzt werden können.

Erfolgt also die Druckzunahme rascher, so verspürt man, und zwar der Einzelne in verschiedener Stärke, ein nunmehr deutliches Druckgefühl in den Ohren, welches man direct als Impressionsgefühl bezeichnen kann. Man hat direct die Empfindung, als ob das Trommelfell nach innen zu vorgebaucht würde, und versucht fast unwillkürlich durch Schlingbewegungen dieses Gefühl zu beheben. Es gelingt dies auch bei nicht allzu rascher Compression sofort. Erfolgt dieselbe schneller, so kommt man, indem sich das Gleichgewicht auf beiden Seiten des Trommelfelles wieder herzustellen sucht, gleichsam nicht nach, das Druckgefühl hält bis zum Erreichen des maximalen Druckes an und schwindet erst mit diesem. Dem geschilderten Zustande kann man aber noch immer vorbeugen, wenn man bei geschlossenem Munde und Nase den intrapharyngealen Druck durch Exspiration erhöht, also den Valsalva'schen Versuch ausführt. Als ein viel wirksameres Mittel gegenüber den einfachen Schlingbewegungen hebt dieser Vorgang dann das Druckgefühl fast sofort auf, und es dauert oft längere Zeit, bis das Gefühl wieder während der weiteren Compression stärker bemerkbar wird; im Verlaufe der Decompression kann es dann, wie wir sehen werden, wieder hervortreten. Während man sich unter diesen Sensationen einschleust, zeigt der Spiegelbefund auch objectiv meist keine Veränderung; in jenen Fällen jedoch, wo das Druckgefühl stärker war, kann man öfters eine deutliche Injection des Trommelfelles nachweisen, die nach einiger Zeit des Verweilens im Drucke häufig wieder schwindet.

Die Hineinwölbung des Trommelfelles, wie sie bei steigendem Drucke dann eintritt, wenn Differenzen zwischen dem äusseren Luftdruck und dem im Mittelohr nicht gleich ausgeglichen werden, konnten wir auch direct beobachten. Man kann otoskopisch wahrnehmen, wie der Lichtreflex in seiner Form geändert wird, man kann ein vollständiges Schwinden des Lichtkegels erkennen und statt desselben in wechselnder Weise Reflexe an anderen Stellen des Trommelfelles, besonders am Rande desselben, nachweisen. Ist die Differenz, sei es noch während des Einschleusens oder erst unter stationärem Drucke,

ausgeglichen worden, so verschwindet dieses Bild und das Trommelfell nimmt seinen früheren Stand wieder an.

Wie wir an anderer Stelle bei Besprechung der pathologischen Effecte sehen werden, kann es zur Fixirung dieser erwähnten Lageveränderung des Trommelfelles und ihrer Begleiterscheinungen kommen.

Die Hyperämie des Trommelfelles, wie sie temporär mit dem eben geschilderten Zustande einhergeht, ist entweder in Form einer diffusen, rosarothen Injection der gesammten Membran, besonders in ihrer oberen Partie, ausgesprochen, oder es sind einzelne grössere Gefässe, besonders um den langen Fortsatz herum, stärker hervortretend.

Was die Gehörempfindung anbelangt, so fanden wir, dass die Perception von Schalleindrücken nach langsamer Compression selbst in bedeutend erhöhtem Luftdruck nicht geändert wird.

Dass die Klangfarbe von Tönen, sowie die Intensität des Schalles im Caisson geändert ist, hat seinen Grund, wie wir dies schon gesagt haben, nicht in geänderter Perceptionsfähigkeit des Ohres, sondern in den diesbezüglichen Veränderungen, welche die Töne selbst bei ihrer Erzeugung in verdichteter Luft und in dem abgeschlossenen Raume erleiden. Bezüglich der Sprache sind es, wie gesagt, vielleicht die geänderten Resonanzverhältnisse im Pharynxraum und der Mundhöhle, sowie die wahrscheinlich veränderte Schwingungsart der Stimmbänder, die in Betracht kommen. Dass diese Anschauung berechtigt ist, ergibt sich aus der weiteren Prüfung der Gehörsempfindung, indem die Hörschärfe, sowie die Hörweite in der comprimirten Luft keine Veränderung erleidet und derjenigen gleich gefunden wird, wie sie vor dem Einsteigen in die Kammer erhoben wurde. Als eine unangenehme Empfindung für das Ohr muss das Einschleusen doch immerhin bezeichnet werden.

Die Angaben, die hierüber von den Einsteigenden gemacht werden, sind verschieden. Die Einen sagen geradezu, dass die Luft nicht rasch genug ins Ohr hinein könne, Andere wieder, dass sie das Gefühl hätten, als ob von aussen auf das Ohr gedrückt würde, Andere sprechen nur von einem Gefühl von Dumpfheit und Schwere im Ohr, Manche verspüren ein Sausen und Rauschen in demselben, und zwar bald auf der rechten,

bald auf der linken Seite stärker. Daneben macht sich ein Gefühl von leichtem Stechen bemerkbar und Anderes mehr, sämmtlich Sensationen, die bei rascher Druckzunahme in erhöhtem und verstärktem Maasse auftreten und dementsprechende Modificationen erfahren.

Überdies treten noch während des Einschleusens verschiedene Geräusche im Ohre auf, deren Entstehungsort in der Tuba zu suchen ist, indem die bei den Schlingbewegungen in dieselbe eintretende Luft die Schleimhautauskleidung auseinanderdrängt und bei ihrer Passage an den von mehr weniger schleimigem Secret bedeckten Wänden zur Bildung von Geräuschen Anlass gibt, ausserdem solche von kürzerer oder längerer Dauer, welche vielleicht durch den Anprall der einströmenden Luft an die Gehörknöchelchenkette und die innere Wand des Trommelfelles zu Stande kommen können. Die Geräusche sind ähnlich denen, wie sie bei Application der Luftdouche empfunden werden; sie können schlürfende, knisternde oder rauschende sein. Meist sind sie während oder nur kurze Zeit nach Anwendung des Valvala'schen Versuches bemerkbar, manchmal überdauern sie denselben auch ein wenig; sie können einen mehr gleichmässigen oder ruckweise verstärkten Eindruck hervorbringen; auch kann es geschehen, dass die Tubenpassage mehr minder plötzlich frei wird und es dadurch zu einem kurzen Geräusche ähnlich einem Knalle kommt. In solchen Fällen ist jedoch das Tubenlumen, sei es durch katarrhalische Schwellung und reichlichen vorhandenen Schleim oder durch im Beginn allzu rasche Erhöhung des äusseren Luftdruckes, von Anfang an nicht durchgängig gewesen, so dass der Ausgleich zwischen Umgebung und Mittelohr erst bei einer bereits grossen Druckdifferenz stattfindet, wodurch es zu Schädigungen des Gehörorganes kommen kann, rücksichtlich deren wir auf eine spätere Mittheilung verweisen.

Im Verlaufe der Druckzunahme, während die geschilderten Sensationen sich bemerkbar machen und gleichzeitig mit denselben, stellt sich vorübergehende Abnahme der Hörschärfe ein, so dass man z. B. das Geräusch der von der Compressionspumpe her einströmenden Luft zunehmend schwächer hört.

Nach Anwendung des Valsalva'schen Versuches vernimmt man aber dasselbe wieder in seiner früheren Intensität.

Es wird gewiss von Interesse sein, hier daran zu erinnern, dass schon Johannes Müller angegeben hat, dass während des Valsalva'schen Versuches sowohl bei negativem, als auch bei positivem Druck in der Trommelhöhle, wie dies, auf unsere Verhältnisse übertragen, während der Compression und Decompression vorkommen kann, das Hörvermögen herabgesetzt ist. Beim »positiven Valsalva« würden sich die Gelenkflächen des Hammers und Ambosses von einander abheben und in Folge dessen die Schwingungen des Trommelfelles schlechter durch die Gehörknöchelchen fortgeleitet werden, auch biete der grössere Druck in der Trommelhöhle den Schwingungen des Trommelfelles einen vermehrten Widerstand dar, anderseits sollte die stärkere Spannung des Trommelfelles, wie sie beim »negativen Valsalva« stattfindet, eine Unterempfindlichkeit für tiefe Töne veranlassen.

Bei den Tauchern gestalten sich die Verhältnisse während der Compression viel ungünstiger, ja wir können hier von rein physiologischen Erscheinungen, wie wir sie im Vorhergehenden präcisirt haben, gar nicht sprechen. Es herrscht darüber Einigkeit, dass das Tauchen in Tiefen von nur über zwei Metern, da der Übergang in den durch sie bedingten Druck rasch erfolgt, nicht bloss von deutlichen Sensationen von Seiten des Ohres, sondern meist, besonders bei Anfängern, von schmerzhaften Erscheinungen begleitet ist.

Ausserdem fehlt auch bei den jetzt meist üblichen Taucherapparaten das wirksame Mittel, den Druck im Mittelohr auszugleichen; es ist dies die Unmöglichkeit, den Valsalva'schen Versuch auszuführen, der bei der Construction nach Rouquairol-Denayronze ohne Helm und vorhandenen Nasenklemmer leicht möglich ist. Der Taucher ist daher auf das Schlucken allein angewiesen.

Neben Chrabrostin hat in neuester Zeit Koch nach Erfahrungen an Zöglingen der k. preussischen Taucherschule die Sensationen im Ohre beim Tauchen sehr charakteristisch beschrieben. Aus seiner Schilderung Folgendes: »Nicht selten findet die Luft ohne absichtliches Schlucken ihren Weg in das

Mittelohr, doch ist dies nur scheinbar der Fall. Manche Taucher haben nämlich (durch die Wirkung des mechanischen Druckes und) durch die Wirkung des Kauens und Saugens an dem Gummimundstück eine erhöhte Speichelsecretion und schlucken daher sehr oft, so dass sie überhaupt nicht durch Druckgefühl in den Ohren zum Schlucken gemahnt werden können. Es gibt aber auch Fälle, wo die Passage, eben erst durch eine Schluckbewegung geöffnet, sofort wieder durch den steigenden Seitendruck geschlossen wird. Solche Taucher ziehen es bei den späteren Übungen, wo die Sensibilität abgestumpft ist, vor, schnell in die Tiefe zu gehen. Sie empfinden wohl mehr Druck, aber die ganze Procedur ist schneller erledigt.«

Im Übrigen kann der Taucher durch Auf- oder Absteigen, durch Veränderung in der Wassertiefe den Druck ebenso für sein Ohr reguliren, wie dies der Caissonarbeiter durch längeres Verweilen bei dem Manometerstande, unter welchem der Schmerz aufgetreten war, zu thun im Stande ist.

Rücksichtlich des Freibleibens der Taucher von Ohrenschmerzen sagt Chrabrostin, dass, obwohl viele Taucher vorübergehendes Ohrenstechen verheimlichen, doch beinahe die Hälfte der Taucher über stärkere Ohrenschmerzen klagt.

Alles dasjenige zusammenfassend, was wir hier über die Compressionserscheinungen am Ohre gesagt haben, müssen wir noch auf einige Momente zu sprechen kommen, die gerade in praktischer Beziehung wichtig sind. Fast alle Beobachter konnten constatiren, dass eine gewisse Angewöhnung des Ohres an die Effecte der Druckerhöhung stattfindet, die sich einerseits darin äussert, dass das Ohr überhaupt weniger empfindlich wird und die auf das Trommelfell wirkenden Druckdifferenzen in späterer Zeit weniger und nicht mehr als Schmerz percipirt, anderseits darin ihren Ausdruck findet, dass der Ausgleich dieser Differenzen leichter zu Stande kommt und rascher und sicherer vor sich geht, indem, wie es scheint, nicht bloss eine gewisse Erweiterungsfähigkeit der Tube, sondern auch eine bleibende Dilatation derselben durch den oft wiederholten Mechanismus des Eintrittes der Luft sich ausbildet; eine Vermuthung, die unter anderen auch von Wendt ausgesprochen wurde. Ausserdem werden mit der Zeit auch die Individuen

geschickter, lernen den gefühlten Effect im Ohre rechtzeitig durch die entsprechenden Schlingbewegungen zu paralysiren, so dass der Geübte schon bei dieser Mahnung eines Druckgefühles im Ohre die entsprechenden Massnahmen ergreift.

So kommt es auch, dass Caissonarbeiter und Taucher, die schon längere Zeit ihrem Berufe obliegen, sich nicht nur rasch ohne Beschwerden unter Druck setzen können, sondern dies auch mit Vorliebe ausführen. Sie gleichen dann durch Schluckbewegungen oder den Valsalva'schen Versuch gleich eine grössere Differenz mit einem Male ohne besondere Beschwerden aus.

Selbstverständlich ist für die Erklärung des Zustandekommens der in Rede stehenden Erscheinungen die Frage von Wichtigkeit, ob die Tuba Eustachii für gewöhnlich geöffnet oder geschlossen ist. In Erwägung der Beobachtung, dass sich in vielen Fällen der Druckausgleich im Mittelohre ohne forcirte Schlingbewegung vollzieht, wie dies auch die gleich zu besprechenden individuellen Verschiedenheiten zeigen, lässt es auch uns wahrscheinlich erscheinen, dass die Tube de norma geöffnet ist, womit wir der Ansicht von Rüdinger und Lucae beistimmen, die durch jüngst mitgetheilte Untersuchungen von Hammerschlag über respiratorische Bewegungen am Trommelfell eine bedeutende Stütze erlangt hat.

Geringe Druckschwankungen in der Zeiteinheit werden sich so ohneweiteres ausgleichen können; bei rascher Druckzunahme wird jedoch die vorhandene Communication nicht mehr genügen, es wird zu Druckdifferenzen kommen, die vielleicht ihrerseits ein weiteres Hemmniss für die Herstellung des Gleichgewichtes bilden können, so dass erst eine verstärkte Schlingbewegung oder der Valsalva'sche Versuch durch eine weitere Öffnung des Rohres die Differenz beheben müssen.

Die Herstellung eines Hemmnisses für den weiteren Druckausgleich stellen wir uns in der Weise vor, dass es bei einmal zu Stande gekommenem stärkeren negativen Drucke im Mittelohre unter rascher Compression zu einer Saugwirkung auf die Tubenmündung und die Auskleidung der Tube kommt, wodurch die Communication geschlossen und ein weiterer Ausgleich unmöglich ist.

In dieser Weise glauben wir das Zustandekommen des Tubenverschlusses bei rasch ansteigendem Luftdrucke auffassen zu müssen im Gegensatze zu Koch, der annimmt, dass der rasch ansteigende Druck im Nasenrachenraume direct die Tube seitlich comprimirt und die Mündung noch fester verschliesst. Leider war es in Folge ungenügender Beleuchtungsverhältnisse nicht möglich, sich von etwa eintretenden Veränderungen an der Tubenmündung während der Compression durch die Rhinoscopia posterior zu überzeugen.

Wäre der Tubencanal für gewöhnlich geschlossen, so würde, wenn sich bei zunehmendem Drucke eine bestimmte Differenz zwischen Mittelohr und Nasenrachenraum ausgebildet hat, stets eine mechanische Öffnung der Tube durch Schluckbewegung oder den Valsalva'schen Versuch nöthig sein, und man hätte es sowohl bei langsamer, als bei rascher Compression nothwendig, die forcirte Tubenöffnung zu bewerkstelligen. Es wären uns dann aber diejenigen Fälle schwer verständlich, in denen es, wie bereits gesagt, bei langsamer ansteigendem Atmosphärendruck fast unfühlbar zum Druckausgleich kommt; man müsste denn annehmen, dass die Gaumenbewegungen beim Sprechen, sowie die unwillkürlich gemachten Schlingbewegungen genügen würden, eine hinreichende Öffnung der Tube zu bewirken.[1]

Welch grosse Rolle aber wieder rein individuelle Momente für die genannten Fragen spielen, zeigt der Umstand, dass, wenn man sich mit mehreren Neulingen einschleust, man das Zuströmen der Luft nicht dem Bedürfnisse eines Jeden anpassen kann. Der Eine befindet sich bei einer bestimmten Compressionsgeschwindigkeit wohl, der Andere klagt aber bereits über Druck und Dumpfheit im Ohre, ein Dritter hat es bereits nothwendig gehabt, mehrmals energisch Luft in sein Mittelohr zu treiben, ein Anderer endlich kommt während der ganzen Compression mit einmaliger Schluckbewegung aus.

---

[1] Rücksichtlich des hier Gesagten sind die im pneumatischen Cabinet angestellten Versuche von Hartmann erwähnenswerth, welcher fand, dass der zur Überwindung des Tubenverschlusses nothwendige Druck zum Eintreiben 200 *mm*, zum Aussaugen 20—40 *mm* Hg beträgt. Die Tube wirke also ventilartig; beim Schlucken gelingt das Eintreiben schon unter 20 *mm*.

Auf diese Momente werden wir bei der Ätiologie der pathologischen Veränderungen noch zurückkommen und wir werden sehen, dass sich die Arbeiter in Bezug auf die Empfindlichkeit ihrer Ohren gleichsam in zwei Gruppen theilen lassen, die einen, die schon bei Beginn der Arbeit leichter zu Beschwerden hinneigen, welche im weiteren Verlaufe immer wieder in verschiedenem Grade sich geltend machen, die anderen, die ohne solche während der ganzen Arbeitszeit durchkommen — empfindliche und tolerante Ohren im Sinne der jüngst erschienenen Publication Koch's.

In gewisser Beziehung ähnlich — und das möge noch hier Erwähnung finden — sind die Effecte, die ein senkrecht das Ohr treffender Luftstrom von grösserer Geschwindigkeit hervorbringt; auch hier wird zwischen Mittelohr und äusserem Gehörgang eine Druckdifferenz bestehen, die allerdings sofort ausgeglichen wird, deren momentaner Effect jedoch ebenfalls in einer Einbauchung des Trommelfelles mit subsequenter Hyperämie bestehen kann und mehr minder unangenehm empfunden wird, wie dies ja als Effect eines starken Luftzuges oder der bei Entladung von Geschützen und bei Explosionen erfolgenden Luftverdichtung bekannt ist. Für unsere Verhältnisse kommt dieses Moment insoferne in Betracht, als derjenige, dessen Ohr dem Einströmungshahne zugewendet ist, durch den directen Luftstrom ausserdem noch getroffen wird und thatsächlich auf diesem Ohre stärkere Sensationen empfindet. Um es gleich vorweg zu nehmen, ist auch das während der Decompression in der Nähe des Hahnes befindliche Ohr das stärker afficirte.

Bleibt nun der Druck stationär, verweilt die Person auf längere Zeit unter einem bestimmten Drucke, so hört mehr minder rasch, oft mit einem Schlage, jegliche unangenehme Sensation im Ohre auf, nur das Gefühl von Dumpfheit, das Gefühl eines vermehrten Widerstandes im Ohre wird in der Mehrzahl der Fälle besonders von Ungewohnten wahrgenommen. Ein Gefühl von Bewegung des Trommelfelles, wie dies Mach und Kessel bei starken Luftdrucksschwankungen im geschlossenen Raume beobachteten, konnten wir bei den Luftdrucksschwankungen, wie sie gewöhnlich im Caisson vorkommen, nicht wahrnehmen.

Halten Beschwerden auch bei constantem Überdruck an, und dies müssen wir schon hier anführen, so ist es bereits zu einer schwereren Schädigung des Gehörorganes gekommen, indem auch leichtere Läsionen beim Aufenthalte im Caisson und im Scaphanderapparate subjectiv symptomenlos bleiben. Dieses Gefühl von Dumpfheit im Ohre wird von den meisten Autoren angegeben.

Smith und nach ihm Clark vergleichen dasselbe mit dem Gefühl, welches man hat, wenn man sich unter Wasser befindet. Sie geben aber auch weiters an, dass man im Caisson schlechter höre, man müsse lauter schreien, um sich verständlich zu machen, Schalleindrücke würden schwächer percipirt. Smith führt als Beispiel an, dass das Tiken einer Uhr, das unter dem äusseren Luftdruck aus 18 Zoll gehört werden konnte, trotz der Ruhe im Senkkasten nur aus 2 Zoll Entfernung vernommen wurde. Er sucht dies durch die Annahme zu erklären, dass das Trommelfell in der verdichteten Luft nicht in der entsprechenden Weise schwingen könne. Dass andere Autoren auch ein Höherwerden des Schalleindruckes angeben, darüber haben wir schon bei Besprechung der Änderung von Stimme und Sprache Erwähnung gethan. Demgegenüber müssen wir entschieden betonen, dass bei Personen, die während der Compression in ihren Ohren nicht gelitten haben, wie zum Theil schon hervorgehoben, keine Abnahme der Hörempfindung zu constatiren ist, wenn man auch theoretisch erwarten könnte, dass die Schwingungsverhältnisse für das Trommelfell in der verdichteten Luft ungünstigere sind, als beim normalen Barometerstand.

Flüstersprache, sowie laute Umgangssprache werden unter Druck ebenso gehört, wie ausserhalb des Caissons; das Tiken der Uhr wird aus derselben Distanz, vielleicht bei der absoluten Ruhe sogar aus einer grösseren Entfernung vernommen, und die Stimmgabelversuche, wie sie bei der Untersuchung des Gehörorganes gebräuchlich sind (Versuch nach Weber und Rinne, Gabeln von verschiedener Tonhöhe) ergaben stets dasselbe Resultat, wie unter dem gewöhnlichen Luftdruck, insbesondere war auch keine Verkürzung der Kopfknochenleitung weder für hohe, noch für tiefe Stimmgabeln nachzuweisen.

Nicht unerwähnt lassen wollen wir die Angabe von Magnus, dass man in comprimirter Luft besser höre, wie es auch uns in einigen Fällen schien, als ob die Hörweite zugenommen hätte.

Aber selbst dann, wenn die Compression mit Beschwerden einhergegangen ist, wenn das Impressionsgefühl ein stärkeres, ja selbst wenn es zu schmerzhafter Steigerung desselben während der Druckerhöhung gekommen war, war die Hörempfindung stets die gleiche wie ausserhalb des Caissons dann, wenn die Beschwerden, nachdem der Druck constant geworden, geschwunden waren. Das Gefühl von »Dumpfheit« im Ohre nach der Compression während des Aufenthaltes in der Kammer war nie mit einer Perceptionsstörung verbunden.

Otoskopisch beobachtet man bei einigen Personen eine eben nur angedeutete oder mehr ausgesprochene Hyperämie am Trommelfell, die rascher oder langsamer während des Aufenthaltes schwindet; daneben können Abweichungen in der Form und Anordnung des Lichtreflexes wahrgenommen werden. In der Mehrzahl der Fälle aber sind überhaupt keine Veränderungen mehr nachzuweisen. Bei Tauchern allerdings sind diesbezügliche directe Daten nicht zu gewinnen, aber man wird annehmen dürfen, dass hier deutlichere Veränderungen vorhanden sein werden.

Noch wechselnder sind die subjectiven Angaben und Empfindungen, die während des Ausschleusens angegeben werden. Die Arbeiter schildern ihre Empfindungen häufig in der Weise, dass sie sagen, »es werde einem im Ohre leichter, die Pression gehe ihnen heraus« u. a. m. Thatsächlich empfindet man auch häufig ein gewisses Erleichterungsgefühl im Ohre, man glaubt das Nachlassen eines vor der Decompression im Ohre noch nicht vorhandenen Druckes zu fühlen, gleichzeitig macht sich aber auch häufig während der Druckabnahme anhaltendes oder vorübergehendes Dumpfheits- oder Taubheitsgefühl im Ohre geltend, welches meist schwächer ist als dasjenige, welches man bei der Compression wahrgenommen hat.

Andere beschreiben das Gefühl während des Ausschleusens als angenehmes Entlastungsgefühl und sagen, unterstützt von

der gleich näher zu schildernden Sensation des »Blasenspringens« im Ohre, dass sie nach den Empfindungen im Ohre allein immer im Stande wären, anzugeben, ob der Druck der umgebenden Luft erhöht oder vermindert würde. Für solche Personen sind also die Gefühle beim Ein- und Ausschleusen charakteristisch. Bei Anderen ist dies nicht der Fall; sie geben an, gleichartige Gefühle zu verspüren wie beim Einschleusen, dasselbe Druckgefühl mehr in dem einen oder in beiden Ohren zu empfinden, wie wir es oben beschrieben haben, in zunehmendem Grade dann, wenn der Druck rascher abfällt.

Von einem Collegen wurde das Gefühl beim Ausschleusen geradezu als Dilatationsgefühl bezeichnet.

Neben den geschilderten Eindrücken vernimmt man häufig Geräusche, die als knisternde und »knacksende« geschildert werden, ein Crepitationsgeräusch wie von austretenden Luftblasen, das man passend mit dem Ausdrucke »Blasenspringen« bezeichnen kann. Auch hierin sind wieder verschiedene Abstufungen möglich, es kann stärker oder schwächer, deutlicher oder undeutlicher sein, häufig fehlt es auch ganz.

Die Spiegeluntersuchung während der Decompression bietet — worauf auch schon Magnus aufmerksam gemacht hat — Schwierigkeiten in Folge des Freiwerdens von Wasserdampf bei absinkendem Druck und des damit verbundenen Temperaturabfalles. Es bildet sich oft ein so dichter Nebel, dass trotz Anwendung von elektrischem Licht ein genügender Einblick aufs Trommelfell nicht möglich ist. In der Sanitätsschleuse, in welcher wir die Decompression noch langsamer bewerkstelligen, wie auch zeitweilig unterbrechen konnten, um den Wasserdampf der Hauptmasse nach zum Schwinden zu bringen, gelingt die Otoskopie ganz gut. Ohneweiters ausführbar ist sie während der Druckabnahme im Luftballon, wie wir gleich sehen werden. Sie zeigt in den meisten Fällen eine geringere oder ausgebreitetere Injection des Trommelfelles; bald ist die ganze Membran, insbesondere an ihren Randpartien stärker geröthet, oft tritt stärkere Injection einzelner Gefässbezirke mehr hervor; auch verschiedenartige Veränderungen im Lichtreflex kommen zur Beobachtung; eine ausgesprochenere Auswärtswölbung des Trommelfelles konnten wir nicht wahr-

nehmen; es ist aber damit nicht gesagt, dass sich nicht bei raschem Druckabfall, insbesondere bei ungünstigerer Durchgängigkeit der Tuba Eustachii, eine solche ausbilden kann, wie wir dies aus der Beobachtung pathologischer Fälle schliessen dürfen.

Bei manchen Menschen endlich kann man noch 20 bis 30 Minuten nach einem beschwerdelosen Verweilen in comprimirter Luft und folgendem Ausschleusen eine deutliche Röthung des hinteren oberen Quadranten eines oder beider Trommelfelle nachweisen.

Dass es während einer entsprechenden Decompression nicht zu einer Störung der Gehörperception kommt, ist nach dem früher Mitgetheilten verständlich. Während einer rascheren Decompression ist das Ohr gleichzeitig mit dem subjectiven Taubheitsgefühl unterempfindlich für Schalleindrücke, obwohl man auch hiebei, was wenigstens die Vorgänge im Caisson anbelangt, von der Störung durch das starke Rauschen der abströmenden Luft abstrahiren muss, das im Ohre häufig wie das »Knistern siedenden Fettes« empfunden wird.

Bei dem rasch an die Oberfläche zurückkehrenden Taucher wird die Gehörsempfindung während des Druckabfalles stärker beeinflusst werden können, auch geben dieselben an, nach selbst sonst beschwerdelosem Tauchen durch einige Zeit weniger gut zu hören.

Nach seinen Erfahrungen sagt Koch hierüber: »Das Gefühl dauert gewöhnlich nur einige Stunden, anfangs länger, später immer kürzer, kann auch gelegentlich eine Übung für mehrere Tage überdauern,[1] besonders am Anfang. Es ist den Leuten, als ob Wasser im Ohre wäre und sie stecken den Finger in den Gehörgang und schütteln, wie sie es von der Badeanstalt her gewohnt sind. Manche Taucher kennen das Gefühl überhaupt nicht, andere verlieren es mit den Übungen; es ist selten von Sausen oder Klingen begleitet.«

Die genannten Stimmgabelversuche ergaben uns während des Ausschleusens keine Veränderungen, wenn dasselbe langsam und regelmässig stattfand.

---

[1] Von 58 Tauchern hielt ein subjectives Geräusch nur bei einem einzigen durch 14 Tage lang an.

Fassen wir die gesammten Erscheinungen bei der Decompression zusammen, so müssen wir sagen, indem wir damit die Angaben aller der mit dem Gegenstand Vertrauten wiedergeben, dass die Decompression für das Ohr zweifellos viel weniger unangenehm empfunden wird als die Compression, dass der Abfall des Druckes viel weniger fühlbar ist als der zunehmende Druck. Während man beim Einschleusen fast stets gezwungen ist, durch häufigeres Schlingen, sowie durch den Valsalva'schen Versuch nachzuhelfen und sich die Nothwendigkeit, dieses zu thun, gleichsam aufdrängt, ist dies bei der Decompression nicht der Fall. Der Druckausgleich im Mittelohre vollzieht sich mehr weniger unbewusst und ohne unser Zuthun, es ist meist nicht nothwendig, durch »negativen Valsalva« den Druckabfall im Mittelohre zu beschleunigen, wir müssen es vielmehr als eine interessante Erscheinung hervorheben, dass sogar der »positive Valsalva«, wenn er auch gerade nicht eine Erleichterung bringt, so doch jedenfalls nicht unangenehm empfunden wird und den Druckausgleich nicht verzögert oder vorübergehend aufhebt. Meist sieht man sich gar nicht veranlasst, auf irgend eine Weise nachzuhelfen; entschieden aber werden tiefe Inspirationen angenehm empfunden und erleichtern den Austritt der Luft aus der Tube.

Macht sich das Druckgefühl bei der Decompression bemerkbar, so hat es wohl nur ganz selten den gewissen Anklang an Schmerzhaftigkeit, wie er dem Druckgefühle bei der Compression eigen ist. Allerdings muss man, was die Verhältnisse beim Caissonbetrieb anlangt, berücksichtigen, dass die Decompressionszeit nahezu die doppelte und damit auch die Druckänderung entsprechend langsamer ist wie bei der Compression. Der Taucher wiederum gelangt in vielen Fällen wohl in kürzerer Zeit in den normalen Luftdruck zurück, als zur Compression beim Hinabsteigen gebraucht wurde.

Aber auch nach beschleunigterem Ausschleusen aus dem Caisson bleibt häufig ein Gefühl von Taubheit, wie auch ein geringer Grad von Schwerhörigkeit auf Stunden zurück.

Stets müssen wir uns rücksichtlich des Mitgetheilten die individuellen Verschiedenheiten in Bezug auf Empfind-

lichkeit des Gehörorganes vor Augen halten. Dieselben werden umso stärker hervortreten, je geringer die Schwankungen des Druckes sind, die sich auf das Ohr geltend machen, indem der Eine gar keine Sensationen von Seiten derselben angibt, während der Andere unter denselben Umständen deutliche Empfindungen beschreibt. Am unempfindlichsten für jegliche Druckschwankungen wird naturgemäss derjenige sein, für den es keine Druckdifferenz zwischen Mittelohr und äusserem Gehörgang gibt, bei jenem also, der mit einer Perforation des Trommelfelles behaftet ist oder bei dem es durch pathologische Processe zur Zerstörung des ganzen Trommelfelles gekommen ist. Wir selbst hatten unter unseren Caissonarbeitern Personen, bei welchen in Folge von in der Jugend abgelaufenen Mittelohrprocessen einseitige Perforation des Trommelfelles bestand. Wir waren da in der Lage, das Gesagte schon in den Angaben der Arbeiter bestätigt zu finden, wenn sie über Beschwerden nach dem Schichtenwechsel im gesunden Ohre klagten, während sie bezüglich des pathologisch veränderten Ohres angaben: »Ich fühle nie etwas in demselben. Die Pression geht mir leicht hinein und heraus«. Es braucht wohl kaum besonders erwähnt zu werden und ist eigentlich selbstverständlich, dass ein solcher Defect im Gehörorgan keinen Ausschliessungsgrund für die Arbeit in einem Senkkasten oder für den Taucherdienst bilden kann.

Der Einfluss individueller Verschiedenheiten wird vor Allem auch aus den Angaben ersichtlich, die uns von Beobachtern im Luftballon gemacht werden. Hier sind die absoluten Luftdruckdifferenzen ungleich geringere, als sie bei der Arbeit in verdichteter Luft in Frage kommen und es werden sich daher hier für Druckschwankungen empfindliche Ohren von weniger empfindlichen als solche deutlicher unterscheiden.

Während der Ballonfahrt sind es nicht so sehr bedeutende Differenzen im Atmosphärendrucke, als vielmehr der Effect der meist sehr rasch sich vollziehenden Änderung im Luftdruck überhaupt, der empfunden wird, und es besteht dadurch für das Ohr unter diesen Verhältnissen kein scharfer Unterschied in den Wirkungen der Luftverdünnung und Luftverdichtung; man hat im Ballon beim Aufsteigen wie beim Fallen die gleichen

Sensationen im Ohre; nur die Intensität derselben macht sich in dem einen oder in dem anderen Falle verschieden geltend, je nachdem der Ballon rascher oder langsamer die einzelnen Luftschichten durcheilt; wenn daher behauptet wird, dass die Empfindungen im Ohre besonders beim Fallen des Ballons deutlich seien, so ist dies nur in jenen Fällen richtig, in welchen der Abstieg des Ballons rascher erfolgte, als die Auffahrt.

Aus den Berichten der meisten Luftschiffer geht hervor, dass dieselben während der Fahrt verschieden starke Beschwerden angeben.[1] Meist ist es nur das Gefühl von Druck in den Ohren, verschieden stark, bald rechts, bald links deutliches oder leichtes Ohrensausen, sowie mässiges Taubheitsgefühl, während der Ballon in Bewegung ist, das empfunden wird, sämmtlich Beschwerden, die spontan oder von einigen Schlingbewegungen unterstützt, schwinden, sobald der Ballon ins Gleichgewicht gekommen ist.

Zur Erläuterung des Gesagten führen wir im Nachfolgenden vorerst eine Mittheilung des Commandanten der k. und k. österreichischen Militär-Aeronautischen Anstalt, Hauptmann Trieb, sowie eine Schilderung des Luftschiffers V Silberer an, welche die beiden Herren auf eine diesbezügliche Anfrage an uns zu richten die Güte hatten und werden daran unsere eigenen Beobachtungen schliessen. Ihre Beschreibungen geben in ausgezeichneter Weise die Erscheinungen von Seiten des Gehörorganes wieder. Hauptmann Trieb theilt uns mit:

»Die durchschnittliche Höhe meiner 60 Freifahrten liegt zwischen 1500 und 3000 *m*. Neben diesen habe ich Freifahrten in die Höhe von 5600 *m* gemacht. Bei den Freifahrten, bei welchen ich die Höhe von 1000 *m* und darüber in wenigen (8—20) Minuten erreichte, stellte sich in 600 *m* Höhe regelmässig nebst einem inneren Drucke auf das Trommelfell ein Knistern in den Ohren ein, welche beiden Erscheinungen erst nach wiederholten Schluckbewegungen verschwanden, beim raschen Höhersteigen bald wieder auftraten und durch Wiederholung der Schluckbewegung entweder ganz schwanden

---

[1] So berichtet schon Charles von seiner Luftfahrt am 1. December 1783: »Ich fühlte einen äusserst heftigen Schmerz im rechten Ohre und in den Speicheldrüsen«, den er, wie er sagt, einer »dilatation de l'air contenu dans le tissu cellulaire de l'organisme, autant qu'au froid de l'air environnant« zuschrieb. Beanfoy und Sadler hatten in der Höhe von 6000 Fuss über Pressions- und Taubheitsgefühl in den Ohren zu klagen.

oder, wie es in der Höhe von 3000 *m* immer der Fall war, das Gefühl des schweren Hörens — als wenn die Eingänge in das Ohr fast verstopft wären — zurückliessen.

Bei längerer Anwesenheit in diesen Höhen hörte dann auch dieses Gefühl allmälig auf, immerhin blieb aber eine merkbare Unempfindlichkeit des Trommelfelles zurück und unwillkürlich hob ich die Stimme beim Sprechen.

In der erreichten Höhe von 5600 *m* empfand ich in den Ohren heftiges Sausen gemischt mit Ohrenklingen, und selbst laut vor mich hingesprochene Worte vernahm ich mit dumpfem Klang....

Bei raschen Abstiegen aus grossen Höhen tritt bei mir zuerst Knistern, dann Rauschen und Klingen in den Ohren ein. Dasselbe schwächt sich der Erde näher kommend wohl stark ab, immer aber habe ich durch eine halbe und auch mehr Stunden ein Gefühl des Schwerhörens und dumpfer Klangfarbe beim Sprechen.«

Silberer sagt über seine Erfahrungen:

»Die grösste Höhe, die ich überhaupt je erreichte, 4300 *m*, die zweitgrösste 3400 *m*, dreimal bin ich noch über 2500 *m* gekommen, alle anderen Male aber kam ich nicht über 2000 *m*, zumeist aber nicht einmal über 1000—1200 *m* hinaus.

Es ist selbstverständlich, dass ich mich nicht völlig jenen Beobachtungen verschloss, die sich dem Luftschiffer förmlich aufdrängen und medicinische Gebiet fallen. Dazu gehört vor Allem — bei mir eigentlich einzig und allein — der Druck in den Ohren mit seinen Begleiterscheinungen, bezüglich welcher ich Folgendes angeben kann:

Kurze Zeit nachdem der Aufstieg begonnen hatte, fühlte ich stets und fast plötzlich einen eigenartigen Druck in den Ohren, der so ist, wie man sich vorstellt, dass es sein müsste, wenn man von innen oder aussen mehr oder weniger stark auf das Trommelfell drückt. Der Druck kam stets rascher und war stärker, wenn der Ballon mit grossem Auftrieb, also rasch aufstieg, er kam langsam und war geringer, wenn die Emporfahrt eine langsamere, ruhigere war. Zu diesem Drucke gesellte sich auch eine Art Unbehagen und Spannung in der ganzen Ohrgegend des Kopfes, und insbesonders wurde im selben Masse, wie der Druck anschwoll, auch das Hörvermögen schwächer. Nicht nur, dass ich die Worte der Begleiter schlechter und bei starkem Druck wie durch eine Zwischenwand gedämpft hörte, auch was ich selber sagte, klang mir nicht; es schien wie aus einem Nebenzimmer gesprochen.

Dieser Druck mit der damit eng zusammenhängenden Schwerhörigkeit hielt stets an, so lange der Ballon stieg, und selbst wenn das Steigen schon beendet war, noch durch einige Minuten. Ich fand bald heraus, dass der Druck oft rascher schwinde, wenn ich mit den kleinen Fingern in den Ohren bohrte und wenn ich Schlingbewegungen machte. Dabei verging der Druck nicht langsam und allmälig, sondern bei einer Schlingbewegung ganz plötzlich. Es war, als wenn das Ohr plötzlich frei geworden wäre, als wenn sich mit einemmale etwas Hemmendes und Beklemmendes losgelöst hätte und

verschwunden wäre. Mit diesem Augenblicke war dann auch das klare, gute Gehör wieder da und der ganze Kopf normal. Ganz derselbe Druck in ganz derselben Weise kam auch wieder, wenn der Ballon ins Sinken kam und blieb z. B. bei der Landung noch durch eine Anzahl Minuten bestehen, wenn ich auch schon festen Boden unter den Füssen hatte.

Ich habe zunächst hier nur von mir gesprochen, weil die eigenen Beobachtungen doch werthvoller sind als die fremden. Es haben aber sehr viele meiner Begleiter an sich dieselben Erscheinungen constatirt, nur schien bei manchen der Druck ein viel geringerer zu sein als bei mir. Es scheint also bei manchen der Ohrverschluss nicht so hermetisch gewesen zu sein wie bei mir. Mein Gefühl in dieser Beziehung war so fein, dass ich, wenn der Ballon längere Zeit in gleicher Höhe geschwebt hatte, es früher in den Ohren fühlte, wenn er sich wieder zu senken begann, bevor ich es sonst an etwas merkte.

Die geschilderte Erscheinung erklärte ich mir damit, dass man durch das Steigen wie durch das Fallen des Ballons in eine dünnere oder dichtere Luft kommt, während die innen im Ohr befindliche Luft noch aus der Schichte stammt, aus der man gekommen ist. Dadurch entsteht auf einer Seite des Trommelfelles — und zwar auf der mit der dichteren Luft — ein Druck, der um so stärker fühlbar wird, je grösser der Unterschied in der Dichtigkeit der äusseren Luft und der Luft im Ohre wird. Der Druck dauert so lange fort, so lange diese Differenz besteht, er hört erst auf, bis ein Ausgleich zwischen der Luft des Ohres und der äusseren stattfindet, was durch Schlingbewegungen jedenfalls beschleunigt wird. Bei der Auffahrt ist es daher jedenfalls ein Druck von innen nach aussen, den man spürt, bei der Herabfahrt ein Druck von aussen nach innen, doch ist das durch das Gefühl nicht zu unterscheiden, man fühlt bei der Abnahme, wie auch bei der Zunahme des Barometerstandes den gleichen Druck«.[1]

---

[1] Auch Hauptmann Hoernes macht uns nachträglich von einigen seiner Ballonfahrten diesbezüglich werthvolle Angaben, die nicht übergehen wollen; er schreibt:

Wir fielen immer rascher, von 5000 auf 1300 *m*, unsere Stimmen klangen schwach, der Kopf war eingenommen, verspürten einen fast unerträglichen Druck auf das Trommelfell, das Athmen war beklommen.

Während ich bis circa 1200 *m* Höhe keine ungewohnten Sensationen hatte, fühlte ich von da an eine gelinde Spannung in der Stirnhaut und einen geringen Druck auf das Trommelfell; als wir rasch von etwa 3000 *m* fielen, vermehrten sich diese unangenehmen Gefühle, welche sich beim Steigen des Ballons sofort wieder auf ihr früheres Mass reducirten; .vor der Landung mit Sturmeseile von 1200 auf 1000, weiter auf 800 *m* u. s. f. machte sich Druck auf die Stirne, erschwertes Athmen, sowie Sausen und Brausen in den Ohren geltend, desgleichen anhaltendes Ohrensausen und Athembeklemmung während des rapiden Fallens des Ballons durch einen Wolkencyclon von circa 2000 *m* auf die Erde.«

Wir fügen dem noch bei, dass Hoernes von seiner Umgebung darauf aufmerksam gemacht wurde, dass er noch lange nach seinen grösseren Fahrten schlechter höre.

Nach unseren eigenen Erfahrungen können wir diese Angaben vollinhaltlich bestätigen.

Des Genaueren haben wir auf einer Ballonfahrt[1] in die Höhe von 3100 *m* folgende Thatsachen ermittelt. Vor Allem lag es uns daran, zu untersuchen, ob die angegebenen subjectiven Empfindungen von nachweisbaren Veränderungen am Trommelfell und objectiv von Veränderungen der Hörschärfe begleitet seien. Es wurde zu diesem Zwecke vor der Auffahrt eine genaue Untersuchung des Gehörorganes, sowohl mit dem Spiegel, als auch eine genaue Prüfung der Hörweite vorgenommen, sowie der Stimmgabelbefund festgestellt, und dieselben mit zu wiederholten Malen während der Fahrt im Ballon, sowie nach dessen Landung vorgenommenen Untersuchungen verglichen.

Schon rücksichtlich der subjectiven Angaben verhielten sich die drei Beobachter verschieden. Während bei dem Führer des Ballons Herrn Oberlieutenant Pruckmüller, der zu wiederholten Malen Auffahrten mitgemacht hatte, stärkeres Druckgefühl in den Ohren erst beim raschen Sinken des Ballons vor der Landung auftrat, machte sich dasselbe bei den beiden anderen schon während der Auffahrt deutlich bemerkbar. Bei Allen aber war jede Niveauänderung des Ballons von einem entsprechenden Reactionsgefühle im Ohre begleitet.

Man wird nicht zu weit gehen, wenn man sagt, dass das Ohr der feinste Indicator für Bewegungen in der Verticalen ist, das feinste Manometer, das sofort sagt, der Ballon ist nicht im Gleichgewicht, jedoch nicht erkennen lässt, ob die Bewegung eine aufsteigende oder eine fallende ist. Für den mit dem Gegenstand nicht Vertrauten wollen wir angeben, dass das Ohr durch Vermittelung der Bewegungsempfindung in der Verticalen überhaupt den einzigen Eindruck von Bewegung zum Bewusstsein bringt, indem bei der »absoluten Ruhe« im Ballon die Bewegung in der Horizontalen nicht empfunden wird und erst durch Beobachtung von Objecten auf der Erde zur Geltung kommt. Bei geschlossenen Augen hat man selbst bei sehr rasch fort-

---

[1] Die Möglichkeit, an derselben theilzunehmen, verdanken wir dem wohlwollenden Entgegenkommen des hohen k. und k. Reichskriegsministeriums.

schreitender horizontaler Bewegung keine Empfindung von derselben.

Aber auch bei uns ärztlichen Beobachtern machte sich das Druckgefühl in den Ohren in verschiedener Weise geltend. Während bei dem einen dasselbe in beiden Ohren gleich stark gefühlt wurde und nach der Zunahme beim Fallen des Ballons eine halbe Stunde nach der Landung vollständig geschwunden war, empfand der andere constant eine Verstärkung des Druckgefühles im rechten Ohre, die auch, wenn der Ballon im Gleichgewichte war, eben noch gefühlt wurde, beim Sinken deutlich hervortrat und selbst, wenn auch in bedeutend geringerem Grade, noch nach zwei Stunden vorhanden war. Erst nach mehreren Stunden war dasselbe vollständig geschwunden. Thatsächlich konnte auch mittelst des Ohrenspiegels während der Fahrt nicht bloss eine merkliche Hyperämie des ganzen Trommelfelles, sondern auch eine deutliche Injection der Randgefässe am rechten Ohre festgestellt werden, während eine Hyperämie am linken Ohre eben nur angedeutet war. Dieser letztere Befund fand sich an beiden Ohren des Collegen, während der Spiegelbefund bei Herrn Oberlieutenant Pruckmüller keine Veränderung zeigte. Über ein merkliches Taubheitsgefühl hatte Niemand von uns zu klagen: Die Hörschärfe blieb auch während der ganzen Fahrt die gleiche, und die Stimmgabelversuche ergaben stets dasselbe Resultat.

Ob es bei der Erhebung in grössere Höhen (5000—8000 *m*) nicht zu stärkeren und andersartigen Erscheinungen von Seite des Gehörorganes kommt, ob sich in jenen bedeutenden Höhen und beim raschen Übergang in dieselben nicht vielleicht doch wesentliche Alterationen, insbesondere in der Perception hoher und tiefer Töne zeigen, können wir vorläufig nicht angeben, und es ist sehr die Frage, ob die Veränderungen, die sich in jenen Höhen ergeben würden, noch als physiologisch aufzufassen sind, ob dieselben dann nicht vielmehr die Effecte gestörter Function des Centralnervensystems (Sauerstoffmangel etc.) sind.

Diesbezüglich möchten wir noch an die Beschreibungen der Hochfahrten erinnern, die wir bei anderer Gelegenheit mitgetheilt haben.

Wie schon gesagt, sind es hier nicht die Momente der Compression und Decompression, welche ihre Wirkung auf das Ohr entfalten, sondern es ist vielmehr der Effect eines continuirlichen, stärkeren oder schwächeren, an den Ohren vorbeiziehenden Luftstromes, welcher gleichsam saugend auf das Trommelfell wirkt, indem die rasch aussen an der Ohrmuschel vorbeistreichende Luft negativen Druck im äusseren Gehörgang erzeugt. Dass dies richtig ist, geht daraus hervor, dass sich die Wirkung des genannten Factors sofort einstellt, wie eine genügend rasche Bewegung durch die Luftschichten stattfindet, gleichgiltig ob man sich in bedeutende Höhen begibt oder unter die Erde in tiefere Luftschichten einfährt.

Bekannt sind in dieser Beziehung die Sensationen im Ohre, die man fühlt, wenn man in einer Förderschale in tiefe Bergwerke hinabfährt. Wir selbst hatten Gelegenheit, uns davon in dem Bergwerke von Přibram zu überzeugen, woselbst man in der Förderschale den tiefst gelegenen Stollen (1000 *m* 30. Horizont) mit einer verticalen Geschwindigkeit von 3 *m* pro Secunde ohne Unterbrechung erreicht, die Luftströmung, ganz abgesehen von der Ventilatorenwirkung, also eine sehr bedeutende ist.

Erinnern müssen wir hier ferner an die Empfindungen, welche man in wechselnder Weise in den Ohren hat, wenn man sich starkem Winde oder Sturme aussetzt, insbesondere dann, wenn die Richtung desselben der Bewegungsrichtung, in der man sich gerade befindet, entgegengesetzt ist. Auch hiebei übt die starke Luftströmung eine saugende Wirkung aufs Trommelfell aus. Bei Segelfahrten, sowie beim Radfahren hat man häufig Gelegenheit, das Gesagte an sich selbst wahrzunehmen.

Gewiss ist es beachtenswerth, dass die diesbezügliche Empfindlichkeit der einzelnen Personen eine sehr verschiedene ist .Manche empfinden stärkeren Wind schon sehr deutlich in den Ohren, während andere keine stärkeren Sensationen davon haben.

Auch gibt es Menschen, die angeben, stärkere Schwankungen des Barometerstandes, wie er insbesondere vor Gewittern stattfindet, an einem eigenthümlichen Druckgefühl in den Ohren zu erkennen. Erwähnenswerth ist hier gewiss auch die Angabe unserer beiden früheren Gewährsmänner, die

noch Folgendes über die Empfindlichkeit ihrer Ohren bei rascher Eisenbahnfahrt mittheilen: »In neuerer Zeit,« sagt Silberer, »wo ich nicht mehr im Ballon aufsteige, bekomme ich den Druck gleichwohl ziemlich oft dann, wenn ich von Wien nach dem Semmering oder umgekehrt fahre. Ob ich mich im Eisenbahnzuge oder im Wagen vom Semmering nach Gloggnitz begebe, stets spüre ich bei der raschen Hinabfahrt über die Serpentine den alten wohlbekannten Druck in den Ohren, und auch da währt es, unten angelangt, oft fünf Minuten, bis ich ihn wieder ‚hinwegschlingen‘ kann.«

Auch Hoernes gibt an, durch circa $^3/_4$ Jahre nach seiner letzten Luftreise etwas schwerhörig gewesen zu sein und eine gewisse Empfindlichkeit seiner Ohren bemerkt zu haben, was ihm besonders bei Benützung von Bergbahnen auffiel.

Interessant sind ferner auch die Angaben über Ohrensausen und anderweitige Sensationen von Seiten des Gehörorganes, die von Reisenden bei Benützung der amerikanischen Hochbahnen (Pikes Peak) gemacht werden, worüber wir bereits an anderer Stelle berichtet haben.

Wenn auch unter allen diesen geschilderten Umständen der Act der Druckerhöhung und der Druckverminderung sich ohne stärkere Beschwerden und, ohne ein länger andauerndes deutlicheres Gefühl von Taubsein in den Ohren zu hinterlassen, für das Gehörorgan vollzogen hat, so weiss man doch stets, dass an dem betreffenden Tage mit dem Ohre etwas Ungewohntes vorgegangen ist, man hat ein Organgefühl desselben, welches leise und fast unmerklich daran mahnt, an sein Gehörorgan zu denken.

Allen Beobachtern mussten naturgemäss die Erscheinungen von Seiten des Gehörorganes vor allem Anderen auffallen, und die Zahl der diesbezüglichen Angaben ist seit den ältesten Zeiten eine grosse, wenn ihrer auch zumeist nur in unvollständiger Weise und oft nur mit wenig Worten gedacht wird. Es ist daher überflüssig, die Mittheilungen aller dieser Autoren namentlich anzuführen, wir beschränken uns darauf, nur einige derselben zu citiren.

Der erste Arzt, welcher über Ohrenerscheinungen in comprimirter Luft berichtet, war Hamel (1820), welcher von seinem

Besuch der Taucherglocke zu Howth bei Dublin erzählt, dass er in einer Tiefe von 1·5 *m* heftige Ohrenschmerzen spürte, die plötzlich in der Tiefe von 5 *m* verschwanden, als ihm endlich der Valsalva'sche Versuch gelang. Beim Verlassen der Glocke fühlte er, wie unter Knacken Luftblasen aus dem Ohr in den Rachen entwichen.

Dann folgten die Mittheilungen von Colladon (1826), Junot (1835), Trieger und Trouessart (1845).[1]

Lange sagt nach seinen Erfahrungen im pneumatischen Cabinet: »Gleich nach den ersten Stössen der Luftpumpe verspüren die meisten Menschen ein Gefühl von Druck in den Ohren, das sich nach einigen Schlingbewegungen verliert, dann wiederkehrt und so fort, bis der Druck seine Höhe erreicht hat. Bei den Schlingbewegungen tritt die Luft mit einem klappernden Geräusch in die Tuba Eustachii ein. Bei dem Zurückgehen des Luftdruckes habe ich niemals schmerzhafte Empfindungen beobachtet, wohl aber kommt ein leichtes, klapperndes Geräusch von Zeit zu Zeit vor, verursacht durch den Austritt der Luft aus der Tuba Eustachii, aus der sie begreiflich leichter aus- als eintritt«.

Bauer und Barella schreiben nach ihren Beobachtungen im Senkkasten von einem Druckgefühl aufs Trommelfell beim Einschleusen, von einem ähnlichen, jedoch schwächeren Gefühl bei der Decompression, welch letzteres den Charakter hat, als ob die Trommelfelle ausgebaucht würden. (»Oreilles, qui rédebouchent«, Barella.) Das Crepitationsgefühl wie von austretenden Luftblasen vergleicht François mit dem gurgelnden Geräusche beim Umleeren einer gefüllten Flasche.

Pol und Watelle haben physiologischen Erscheinungen keine Aufmerksamkeit schenken können.

Aus allerneuester Zeit endlich erfahren wir von Besuchere des Treptow-Tunnels in Berlin (10 *m* unter Mittelwasser fundirt), dass sie über einen gewissen Druck, der das Hören erschwerte, während des Einfahrens klagten und dass manche

---

[1] Die schon von Colladon und Trouessart gemachten Angaben, dass Schwerhörige unter erhöhtem Luftdruck besser hören, seien hier nur nebenher erwähnt.

erklärten, sie hätten während des Ausfahrens die Empfindung, als ob plötzlich warmes Wasser in das Ohr flösse.

Der sehr berücksichtigenswerthen Arbeiten von Chrabrostin und Koch, rücksichtlich dieser Erscheinungen bei den Tauchern, haben wir bereits gedacht.

Wie schon im ersten Capitel betont wurde, liegen nur spärliche physikalische Untersuchungen über die hier in Frage kommenden akustischen Phänomene vor. Eine befriedigende Erklärung des hier niedergelegten Beobachtungsmateriales ist daher zur Zeit wohl kaum zu geben, wir glauben jedoch, die Bedeutung rein physiologischer Momente nach dem Gesagten genügend hervorgehoben zu haben.

Eine weitere Erklärung der physiologischen Wirkungen der Luftdruckveränderung auf das Gehörorgan wollen wir bei Schilderung und Interpretation der pathologischen Erscheinungen erbringen, an deren Bearbeitung sich Dr. Alt betheiligen wird.
